



Original Article

Tectonic Structure and Relationship with Sinkhole Hazard in Bang Lung Area, Cho Don District, Bac Kan Province

Thom Bui Van, Quoc Cuong Tran^{*}, Phong Lai Hop,
Trung Hieu Tran, Duc Anh Nguyen

*Institute of Geological Sciences, Viet Nam Academy of Science and Technology (VAST),
Alley 84, Chua Lang, Dong Da, Hanoi, Vietnam*

Received 26 April 2020

Revised 21 November 2020; Accepted 01 December 2020

Abstract: By integration of remote sensing images analysis, geology, geomorphology, hydrogeology, geophysical method, and drilling data, the paper illustrates the structure tectonics, causes, and initial mechanism of a sinkhole forming in Bang Lung, Cho Don, Bac Kan province. The NE-SW normal slip faults are an essential fault system in the area, which created Bang Lung graben valley. This fault system also forms large fracture zones, creating advantage conditions for the groundwater runoff both vertically and horizontally to eroded and dissolved carbonate rock-forming underground karst caves. These are favorable natural conditions for forming a sinkhole. The sinkhole hazard in the Bang Lung area is initiated by some main factors such as tectonic activity, thickness, and characteristics of unconsolidated sediment layers, groundwater fluctuation, karst caves, and human activities. The most human impacts are mining exploitation and agricultural cultivation that promote sinkholes occurring faster and earlier. The horizontal and vertical movement of groundwater dragged the material on the ceiling karst caves into ground spaces. Thereby, weakening the cohesion of the unconsolidated sediment above caves leads to gravitational unbalance and creates a sinkhole. This study has also shown potential sinkhole areas in Bang Lung, which helps the authorities and local people in sinkhole prevention and mitigation mission.

Keywords: Sinkhole, karst caves, tectonic, Cho Don mine, Bac Kan.

^{*} Corresponding author.

E-mail address: tqucong@igsvn.vast.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuces.4620>

Cấu trúc kiến tạo và mối liên quan đến tai biến sụt đất khu vực Bằng Lũng, Chợ Đồn, tỉnh Bắc Kạn

Bùi Văn Thom, Trần Quốc Cường*, Lại Hợp Phòng
Trần Trung Hiếu, Nguyễn Đức Anh

*Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
Ngõ 84 Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 26 tháng 4 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 21 tháng 11 năm 2020; Chấp nhận đăng ngày 01 tháng 12 năm 2020

Tóm tắt: Bằng tổ hợp các phương pháp phân tích ảnh viễn thám, địa chất, địa mạo, địa chất thủy văn, địa vật lý, từ các số liệu lỗ khoan địa chất công trình, bước đầu đã làm sáng tỏ đặc trưng cấu trúc kiến tạo, nguyên nhân, cơ chế của tai biến sụt đất trong khu Bằng Lũng, Chợ Đồn, Bắc Kạn. Các đứt gãy phương ĐB-TN là đứt gãy quan trọng hoạt động theo cơ chế trượt thuận tạo nên trũng Bằng Lũng dạng địa hào cùng phương. Bên cạnh đó, hoạt động của các đứt gãy tạo nên các đới dập vỡ đất đá lớn dọc theo chúng, tạo tiền đề cho các dòng chảy ngầm lưu thông cả chiều đứng lẫn chiều ngang, thúc đẩy quá trình rửa lũa-hòa tan trong đá vôi hình thành các hang động, rãnh karst, rãnh ngầm. Đây là những điều kiện tự nhiên thuận lợi cho phát triển tai biến sụt đất. Các nhân tố ảnh hưởng, nguyên nhân, cơ chế sụt đất tại Bằng Lũng đã được chỉ ra là hoạt động kiến tạo, chiều dày và đặc điểm lớp trầm tích bờ rời, hoạt động nước ngầm, phân bố các hang động karst ngầm và tác động nhân sinh. Tác động nhân sinh gồm khai thác khoáng sản và canh tác nông nghiệp thúc đẩy hiện tượng sụt đất xảy ra nhanh và sớm hơn. Quá trình chuyển động của dòng chảy ngầm theo chiều ngang và sự thâm thấu của dòng chảy theo chiều thẳng đứng đã lôi kéo các vật liệu trên trần các hang karst, từ đó đã làm suy yếu độ gắn kết của trầm tích bờ rời phía trên hang động dẫn đến mất cân bằng trọng lượng và gây sụt đất. Kết quả nghiên cứu cũng đã chỉ ra những khu vực tiềm ẩn nguy cơ sụt đất tại khu vực Bằng Lũng, hỗ trợ công tác phòng chống và giảm nhẹ thiệt hại do sụt đất trong vùng.

Từ khóa: Sụt đất, hang động karst, đứt gãy kiến tạo, mỏ Chợ Đồn, Bắc Kạn.

1. Mở đầu

Khu vực Bằng Lũng và lân cận, trong những năm qua, hiện tượng sụt đất xảy ra khá phổ biến đã gây thiệt hại đáng kể về kinh tế, gây hoang mang lo sợ cho dân cư trên địa bàn. Đặc biệt là từ năm 2008 trở lại đây, tại các thôn Cốc Thử, Bản Nà Tùm, Thị trấn Bằng Lũng và Bản Tàn, huyện Chợ Đồn, đã liên tiếp xảy ra sụt đất tạo nên các hồ sụt, sâu nhất tới hàng chục mét, rộng

4-5 m trên các đồng ruộng, ao cá và cả ngay trên đường tỉnh lộ. Chính quyền địa phương đã phối hợp với các sở ban ngành của tỉnh và các cơ quan nghiên cứu (Viện Địa chất và Khoáng sản của Bộ Tài nguyên và Môi trường; Viện Địa chất của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), đến khảo sát, nghiên cứu đánh giá sơ bộ về hiện trạng, nguyên nhân gây sụt đất ở đây. Đáng chú ý là đã có công trình nghiên cứu của Đỗ Minh Đức [1] và Nguyễn Văn Dũng [5] đã

* Tác giả liên hệ.

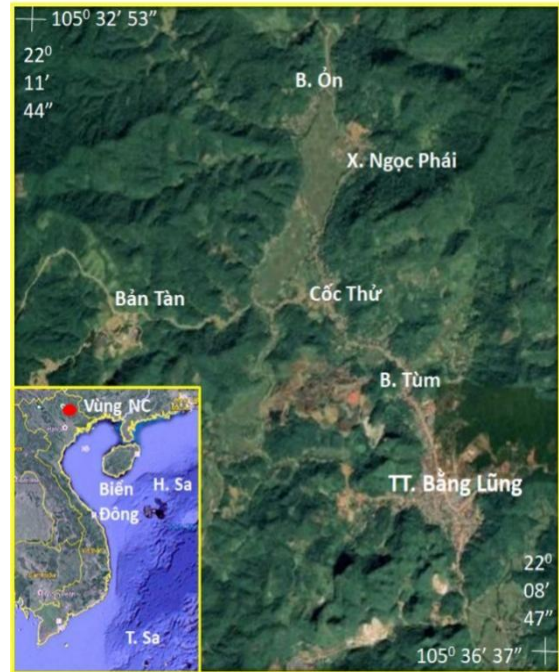
Địa chỉ email: tqcuong@igs.vn.vast.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4620>

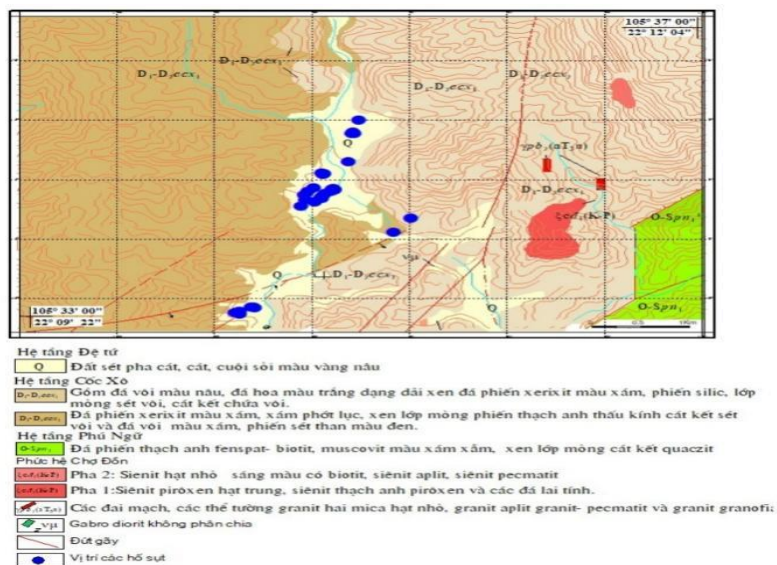
đề cập đến cơ chế và nguyên nhân gây sụt đất và đề xuất các giải pháp sụt, lún đất ở Bằng Lũng. Các kết quả này bước đầu đã làm giảm bớt sự bất an của nhân dân và có những kết quả sơ bộ về nguyên nhân xảy ra sụt đất. Tuy nhiên, các nghiên cứu mới chỉ tập trung đi sâu vào địa chất công trình và tác động của khai thác khoáng sản còn các nhân tố khác tác động đến sụt đất chưa đánh giá đầy đủ và mới chỉ tập trung nghiên cứu tại những nơi đã xảy ra tai biến chung và sụt đất nói riêng. Do vậy, để có thể tiến tới khoanh vùng dự báo nguy cơ tai biến thì cần phải nghiên cứu chi tiết. Trong đó đánh giá tổng hợp các nhân tố ảnh hưởng đến sụt đất, các đặc trưng về cấu trúc địa chất và hoạt động kiến tạo và điều kiện địa chất thủy văn cũng như tác động của con người nói chung trong khu vực. Đây là việc làm cần thiết giúp cho các nhà quản lý, quy hoạch lãnh thổ tốt hơn và phát triển bền vững kinh tế- xã hội. Trong hai đợt khảo sát (năm 2017, 2018) chi tiết và tham khảo các kết quả nghiên cứu trước đây, đến nay chúng tôi đã có những kết quả đáng tin cậy về đặc trưng cấu trúc, kiến tạo, điều kiện địa chất thủy văn cũng như ảnh hưởng của chúng đến tai biến sụt đất trong khu vực.

Phạm vi nghiên cứu là khu vực thị trấn Bằng Lũng và các xã lân cận huyện Chợ Đồn tỉnh Bắc

Kạn. Có khung tọa độ 1050 32' 53" - 1050 36' 37" kinh độ đông, 220 8' 47" - 220 11' 44" vĩ độ bắc (Hình 1).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu (Thị trấn Bằng Lũng, xã Ngọc Phái, huyện Chợ Đồn, Bắc Kạn).



Hình 2. Bản đồ địa chất khu vực Bằng Lũng và lân cận tỷ lệ 1:50.000 (Bản đồ địa chất và khoáng sản từ Phía Khảo [2]).

Trên bản đồ địa chất 1/50.000 [2] có các thành tạo địa chất chính sau: Hệ tầng Cốc Xô (D1-D2cx) (theo bản đồ Địa chất và khoáng sản 1/200.000 [3] là hệ tầng Phia Phương- D1pp và Mi Lẻ -D1 ml). Hệ tầng Cốc Xô có nhiều tập với thành phần chính gồm đá vôi phiến sét vôi, phiến sericit; Hệ Đệ tứ, gồm cát, cát pha, cuội, sỏi màu vàng. Ngoài ra, ở phía đông nam còn lộ ra một số diện tích nhỏ gồm có các thành tạo trầm tích lục nguyên-cacbonat thuộc hệ tầng Phú Ngừ (O3 - S1 pn) và các phức hệ magma xâm nhập granit (phức hệ Phia Bioc; Chợ Đồn cùng với các đai mạch của chúng) (Hình 2).

2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở tài liệu

Ảnh vệ tinh như Landsat với độ phân giải 15 m-30 m, các ảnh thu thập từ Google Earth và ảnh ra-đa vệ tinh Cosmos Skymed độ phân giải 3 m, kênh X chụp năm 2019; Bản đồ địa hình tỷ lệ 1/10 000, toạ độ VN2000; Bản đồ địa chất và khoáng sản tờ Phia Khao tỉ lệ 1/50.000 [2]. Các số liệu này do đề tài VT.UD.05/18-20 thực hiện với 06 tuyến đo địa điện, 05 lỗ khoan Địa chất công trình, quan trắc nước dưới đất và đặc biệt là các kết quả thu được thông qua công tác thực địa về các đặc trưng địa hình, địa mạo, địa chất, địa chất thủy văn, kiến tạo, hiện trạng sụt đất.

2.2. Các phương pháp nghiên cứu

Phương pháp viễn thám: nghiên cứu giải đoán mặt thường các ảnh vệ tinh quang học đa thời gian, ảnh ra-đa vệ tinh nhằm xác định các vị trí xảy ra tai biến (các hồ sụt, trượt, lở,...), chính xác hoá ranh giới giữa các loại đất đá khác nhau. Đặc biệt là có thể khoanh vùng ranh giới trầm tích aluvi với đá gốc cứng chắc, hoặc giải đoán các lineament, các dấu hiệu dịch trượt, các vách dốc đứng, các dị thường địa hình, địa mạo trong khu vực phục vụ trong việc nghiên cứu hiện trạng sụt đất và một số hoạt động tân kiến tạo trong khu vực.

Nhóm các phương pháp nghiên cứu địa chất-kiến tạo: bao gồm các phương pháp phân tích địa

chất thạch học để xác định đặc điểm phân bố và thành phần thạch học - khoáng vật của đất đá; phân chia các nhóm đất đá, xác định các nhóm đất đá liên quan tới sụt đất.

Phân tích địa hình địa mạo khu vực nhằm xác định các dạng địa hình địa mạo và mối quan hệ giữa chúng với sụt đất. Phương pháp nghiên cứu vật lý kiến tạo, nhằm làm sáng tỏ các điều kiện địa chất- kiến tạo có mối quan hệ ảnh hưởng tới sụt đất: gồm nghiên cứu các hệ thống đứt gãy kiến tạo, các đới cấu trúc tân kiến tạo, các biểu hiện hoạt động và mối quan hệ của chúng với sụt đất.

Các phương pháp nghiên cứu địa chất thủy văn: nhằm mục đích đánh giá mối quan hệ nhân quả giữa điều kiện Địa chất thủy văn bao gồm đặc điểm và phân vị, mức độ chứa nước, động thái nước dưới đất, đánh giá hoạt động khai thác nước ngầm và ảnh hưởng của chúng đến sụt đất.

Phương pháp địa vật lý: nhằm xác định các cấu trúc sâu trong khu vực đặc biệt là xác định chiều dày lớp trầm tích, vỏ phong hóa, các hang động karst. Trong vùng nghiên cứu đã tiến hành đo vẽ 6 mặt cắt địa điện cắt qua các khối cấu trúc, và tham khảo kết quả đo từ các tài liệu trước đây của Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, trên cơ sở đó đã xác lập các bề mặt cần nghiên cứu như bề mặt đá gốc, chiều dày lớp trầm tích, các dấu hiệu đứt gãy, các đới chứa nước.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Đặc điểm địa hình, địa mạo khu vực

Vùng nghiên cứu chủ yếu là địa hình đồi, núi cao, xen kẽ các dải trũng với đặc điểm địa mạo khác nhau:

Địa hình núi đá vôi phân bố chủ yếu ở khu vực phía đông, đông nam vùng (Phiêng Liêng, Nà Tùm, thị trấn Bằng Lũng), gồm các dải núi kéo dài theo phương ĐB - TN, độ cao trung bình 600-1000 m. Thành phần chủ yếu là đá vôi phân lớp, sét vôi và phiến sét vôi. Dọc hai bên sườn là các vách dốc đứng phản ánh khá rõ hệ thống khe nứt và đứt gãy trong khu vực. Quá trình địa mạo chủ yếu là hòa tan và rửa lũ tạo nên các dạng địa

hình karst khác nhau (phễu, hố, hang động, các khe hẻm dạng canyon và cánh đồng karst).

Địa hình núi cấu tạo bởi đá trầm tích lục nguyên (cát kết, sét kết, đá phiến sét) phân bố chủ yếu phía tây, tây bắc vùng (Bản Ôm, Nà Bua, Bản Tàn) bao gồm các dải núi lớn phương á kinh tuyến và ĐB - TN, cao từ 700 m giảm dần xuống 300 m và thấp dần về phía đông và đông nam. Quá trình xâm thực - bóc mòn là chính tạo nên các địa hình dạng đồi với sườn lồi hoặc thẳng, độ dốc sườn khoảng 25-30°, đỉnh khá tròn và bằng phẳng. Sườn phía đông nam của dải núi này bị hệ thống các khe suối nhánh phương TB - ĐN chia cắt tạo nên các vai núi có độ cao thấp dần về phía ĐN. Tại phía tây nam Bản Tàn gặp các khối núi đá vôi phân bố xen kẽ với các dải núi đá trầm tích lục nguyên.

Địa hình trũng Cốc Thử - Ngọc Phái, dài 7 km, rộng 300-400 m phương ĐB-TN (15°) và được không chế bởi các dải núi ở hai bên, trung tâm trũng gồm các dạng địa hình tích tụ aluvi. Trũng chia làm hai đoạn, đoạn đầu từ Bản Ôm đến Bản Cốc Thử, trũng thể hiện dạng địa hào khá rõ nét với hai bên rìa trũng là hai đứt gãy thuận không chế tạo nên bề mặt trũng khá bằng phẳng được phủ bởi lớp tích tụ aluvi dày từ 3-20 m (gồm các bãi bồi, thềm sông, và vỏ phong hóa). Đoạn tiếp theo từ Cốc Thử đến Bản Tàn trũng gồm tập hợp các trũng nhỏ kế tiếp nhau theo phương 25° và bị các đứt gãy phương á kinh tuyến cắt xẻ, trũng được phủ bởi lớp trầm tích hỗn hợp aluvi và proluvi với chiều dày 3-8 m.

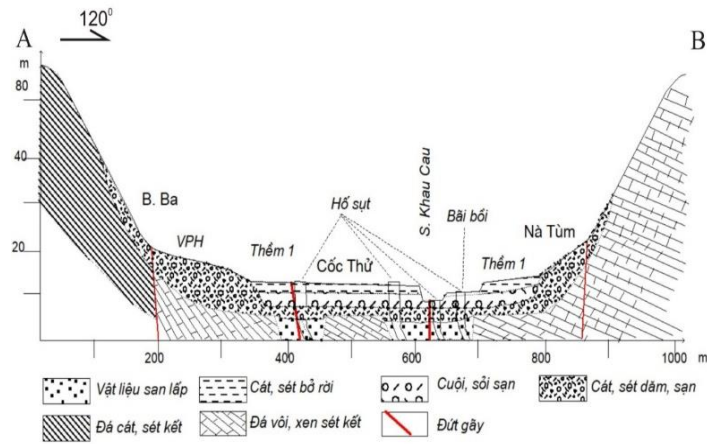
Trũng Bằng Lũng có phương á kinh tuyến dài 5 km, được không chế bởi hai dải núi cao hai bên, trung tâm trũng là đồng bằng dạng đồi xen kẹp các tích tụ nhỏ, đáy trũng không bằng phẳng và bị lồi ở giữa đồng thời làm đường phân thủy phân chia giữa hai hệ thống sông Bản Duồng ở phía nam và sông Khau Cạn ở phía bắc.

Địa hình ở hai bên và trung tâm trũng cấu tạo bởi đá vôi, đá sét vôi lẫn đá cát, sét, bột kết. Vì vậy hoạt động rửa lũa, hòa tan và xen với xâm

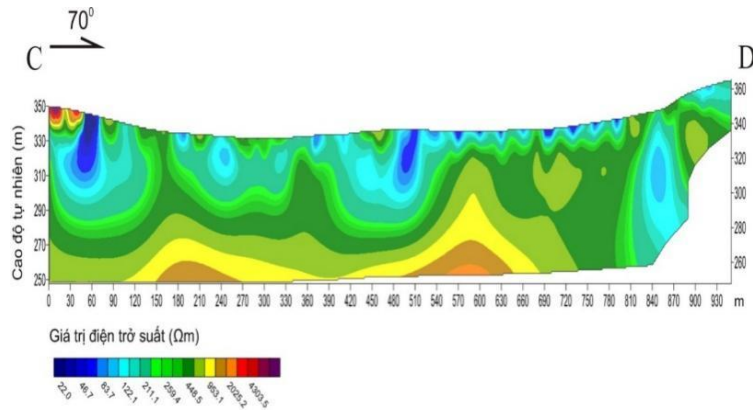
thực bóc mòn diễn ra chủ yếu ở trên các núi đá vôi có thể quan sát thấy nhiều hang động karst (như ở Bản Ôm, Nà Tùm, Bản Tàn,...).

3.2. Đặc điểm hoạt động tân kiến tạo

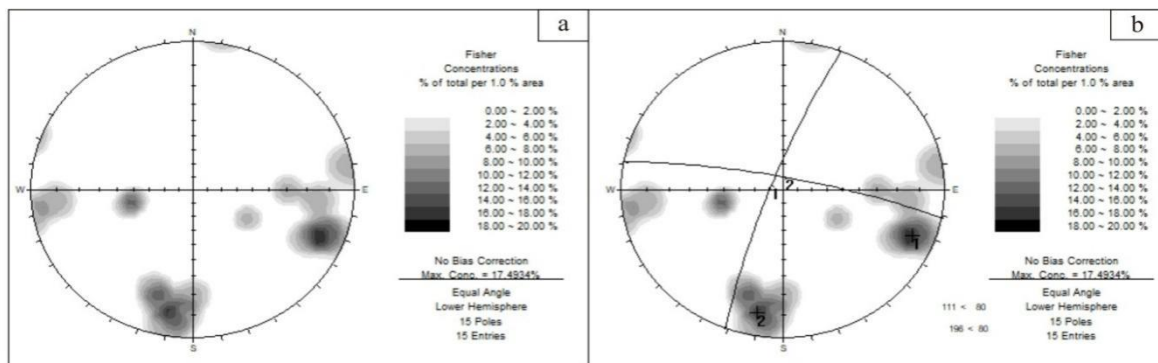
Khu vực Bằng Lũng và lân cận nằm trong đới cấu trúc Lô-Gâm thuộc miền uốn nếp Đông Bắc Bộ được cố kết vào Caledoni muộn [6, 7]. Trong giai đoạn Mezozoi bên cạnh sự hoạt động nâng lên là quá trình sụt lún dọc theo các đứt gãy lớn và được tích tụ các trầm tích màu đỏ (J-K), chứa than (T_{3n-r}). Hoạt động magma xâm nhập cũng phát triển mạnh dọc theo các đới đứt gãy: Phức hệ Phia Bioc (yT_{3pb}) và Phia bioac (yK_{2po}). Đến giai đoạn Tân kiến tạo (Kainozoi) toàn vùng trải qua hai pha kiến tạo chính [4, 8]. Pha sớm (trước Oligocen) hoạt động nâng dạng khối tảng, phần móng kết tinh trôi lộ, bị bóc mòn mạnh mẽ, và lộ ra các thành tạo Paleozoi, Mezozoi kèm theo đó là hoạt động magma xâm nhập trẻ Paleogen xảy ra phổ biến, phức hệ Chợ Đồn (yEcd). Bước sang pha kiến tạo muộn (Pliocen-Đệ tứ) hoạt động kiến tạo mang tính chất kế thừa toàn vùng được nâng mạnh dạng khối tảng không đồng đều mà tạo nên các bậc với biên độ khác nhau: 500-700 m, 300-400 m, trên địa hình thể hiện những dãy núi dạng địa lũy kéo dài theo phương á kinh tuyến và ĐB-TN. Trên đỉnh của các dãy núi này còn sót lại các mảng bề mặt san bằng ở độ cao như trên. Bên cạnh hoạt động nâng hoạt động hạ lún dạng địa hào được lấp đầy bởi các thành tạo trầm tích Đệ tứ cũng khá phổ biến dọc theo các đới đứt gãy. Trong số đó có hai trũng lớn Cốc Thử phương ĐB-TN (15-20°) và trũng Bằng Lũng phương á kinh tuyến (0-10°). Cả hai trũng này bị không chế bởi các đứt gãy thuận cùng phương, đáy trũng khá bằng phẳng và được lấp đầy bởi các thành tạo trầm tích Đệ tứ với chiều dày từ 5-20 m (Hình 3, 4). Hai bên trũng là các vách hoặc sườn dốc lộ các đá cổ tương đối rắn chắc.



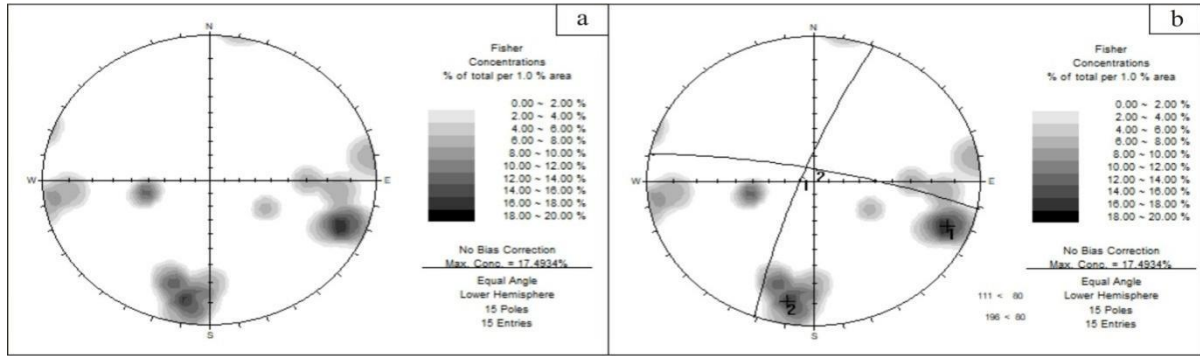
Hình 3. Mặt cắt địa chất qua thôn Cốc Thử (vị trí mặt cắt thể hiện tại Hình 8).



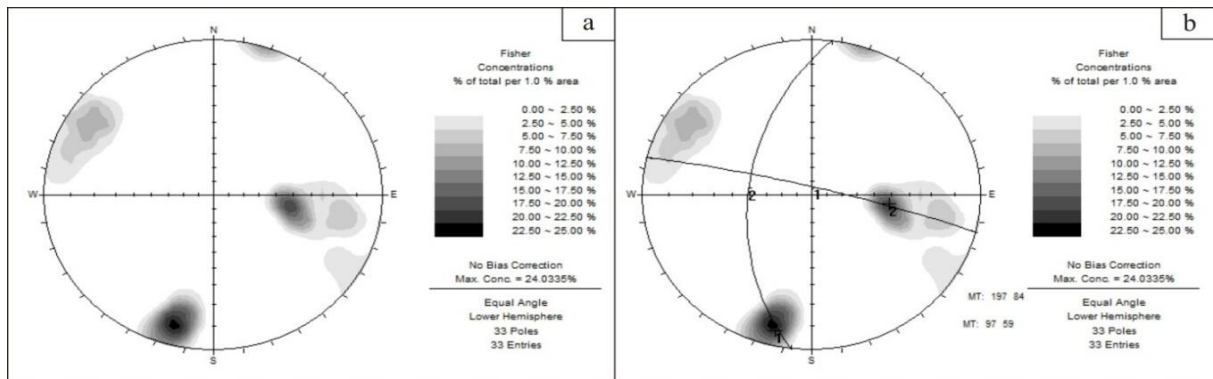
Hình 4. Kết quả đo sâu điện trở tuyến T1, khu vực thôn Cốc Thử, thị trấn Bằng Lũng, Chợ Đồn (vị trí tuyến đo thể hiện Hình 8).



Hình 5. Biểu đồ cầu biểu diễn số liệu điểm đo khe nứt trong đá vôi, sét vôi tại Bản Ôm (điểm D1) (a-mật độ khe nứt kiến tạo chính; b-hệ khe nứt chính phản ánh đứt gãy).



Hình 6. Biểu đồ cầu biểu diễn số liệu điểm đo khe nứt trong đá phiến, phiến sét tại Cốc Thử (điểm D2) (a-hệ khe nứt kiến tạo chính; b-hệ khe nứt chính phản ánh đứt gãy).

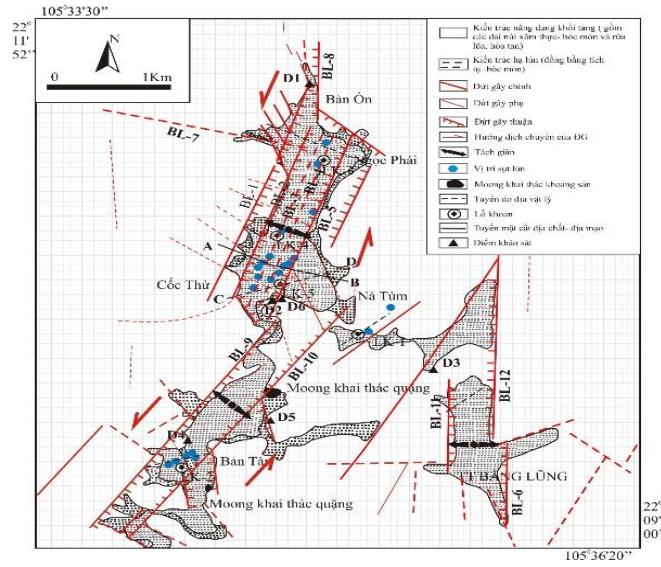


Hình 7. Biểu đồ cầu biểu diễn số liệu điểm đo khe nứt trong đá vôi, sét vôi tại thị trấn Bàng Lũng (D3) (a-hệ khe nứt kiến tạo chính; b-hệ khe nứt chính phản ánh đứt gãy).

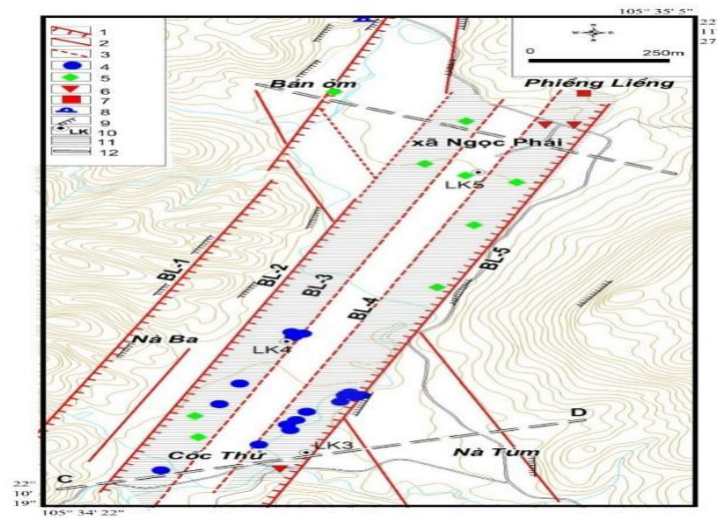
Kết quả phân tích khe nứt kiến tạo trên các thành tạo đá vôi, sét vôi ở Bản Ôm, Cốc Thử và thị trấn Bàng Lũng (Hình 5, 6, 7) cũng xác định được đứt gãy chính, trạng thái ứng suất kiến tạo và tính chất hoạt động của các đứt gãy ở đây.

Các hoạt động phá hủy của các đứt gãy tương đối phức tạp và mạnh mẽ, trong đó đứt gãy Sông Đáy [8]; hay còn gọi là đứt gãy Chợ Đồn theo Bản đồ Địa chất 1/200.000), đoạn có phương ĐB-TN (15-25°) là đứt gãy chính trong khu vực, nằm ở ngoài (phía tây) vùng nghiên cứu. Trong phạm vi nghiên cứu, từ các kết quả nghiên cứu về địa chất, địa mạo, địa chất thủy văn, kiến tạo vật lý, thiết đồ lỗ khoan và địa vật lý cho thấy tồn tại hàng loạt các đứt gãy bậc cao với các phương chính: ĐB-TN (đứt gãy BL1, BL2, BL3, BL4, BL5 và BL6) và á kinh tuyến (Hình 8).

Đứt gãy BL1 kéo dài từ Bản Cốc Thử qua khu vực Bản Ôm với chiều dài 3,5 km, làm ranh giới giữa trũng tích tụ Đệ tứ ở bên cánh đông nam và địa hình núi cao có các vách dốc đứng kéo dài theo phương của đứt gãy, cũng ở phía bên cánh tây bắc còn xuất hiện nhiều hang động karst trong đó hang cao nhất phát hiện được nằm ở độ cao khoảng 20 m (hang Bản Ôm), tiếp đến là hang ở độ cao tương đối khoảng 3-4 m, tương đương với thềm tích tụ - bóc mòn bậc 2. Ngoài ra dọc theo đứt gãy BL1 phát triển hàng loạt các trũng tích tụ Đệ tứ dạng địa hào theo phương á kinh tuyến, phản ánh tính chất trượt bằng trái của đứt gãy. Ngoài ra dọc theo đứt gãy trên đều có biểu hiện của các dấu hiệu dịch trượt rất rõ (Hình 9, 10). Như vậy đứt gãy BL1 trong giai đoạn muộn (Pliocen-Đệ tứ) hoạt động theo trượt trái thuận.



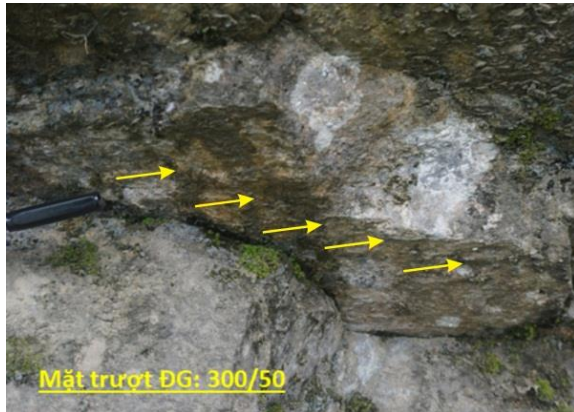
Hình 8. Sơ đồ cấu trúc tân kiến tạo khu vực Bằng Lũng và lân cận.



Hình 9. Sơ đồ phân bố đứt gãy và các dạng tai biến khu vực Cốc Thử: 1) Đứt gãy thuận; 2) Đứt gãy theo tài liệu thực tế; 3) Đứt gãy theo tài liệu địa vật lý; 4) Hồ sụt theo tài liệu thực tế; 5) Hồ sụt theo giải đoán ảnh; 6) Nứt đất; 7) Trượt lở đất; 8) Hang karst khô; 9) Vách kiến tạo; 10) Lỗ khoan và số hiệu; 11) Vùng có nguy cơ sụt đất cao; 12) Tuyến đo địa vật lý.

Đứt gãy BL5 kéo dài từ bản Nà Tùm đến bản Phiêng Liêng dài khoảng 2 km và làm ranh giới trần tích Đệ tứ phía tây bắc với dải địa hình núi đá vôi ở phía đông nam. Biểu hiện hoạt động của đứt gãy cũng thể hiện rõ bởi các mặt trượt và các vách đá vôi dốc đứng kéo dài theo phương ĐB-TN. Ở khu vực cầu qua suối Khau Cạn ở

thôn Cốc Thử còn quan sát thấy rõ đới khe nứt tách phương ĐB-TN của đứt gãy BL5 (Hình 11). Trong phạm vi trung Cốc Thử còn có các đứt gãy BL3, BL4 nằm dưới lớp phủ trầm tích Đệ tứ, được phát hiện bằng tuyến đo địa vật lý. Tuy nhiên ở trên bề mặt cũng quan sát khá rõ bởi chuỗi các hồ sụt đất kéo dài cùng phương.



Hình 10. Mặt trượt và hướng dịch chuyển của đứt gãy BL1 ở khu vực Bản Ôm (Điểm D1, xem Hình 8).

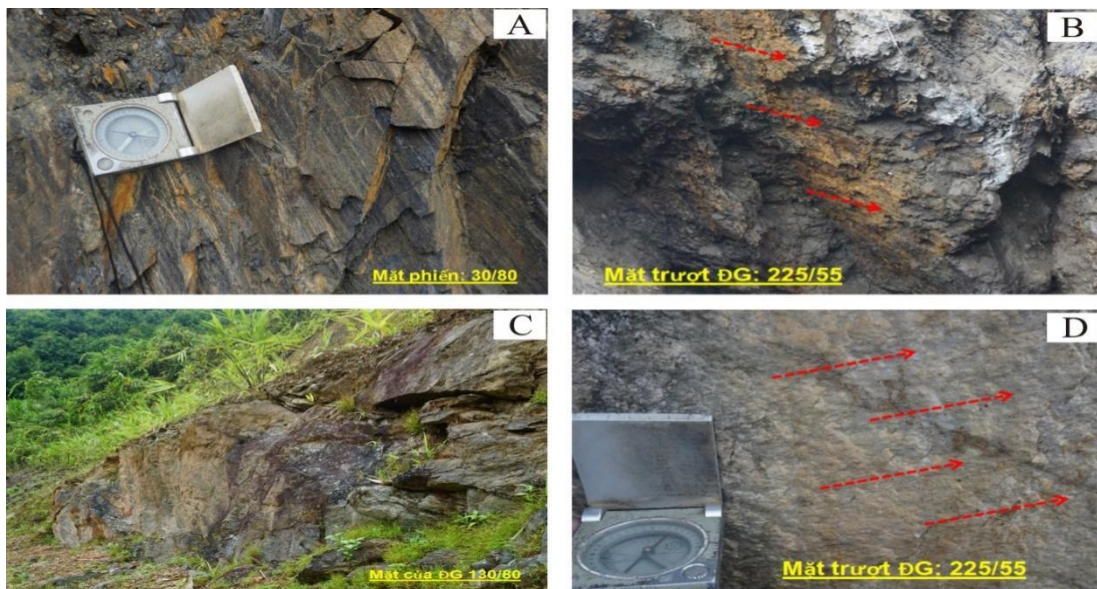
Các đứt gãy BL1, BL2 và BL4, BL5 kết hợp với nhau tạo nên hai đới dập vỡ khá rõ theo phương ĐB-TN. Nằm trong hai đới này ngoài các tuyến đo địa vật lý đã xác định được đới dập vỡ trong đá gốc nằm dưới lớp phủ Đệ tứ thì trên mặt sự hoạt động của các đứt gãy này được thể hiện sự có mặt dãy các hố sụt đất, hiện tượng nứt đất, nứt nhà ở Phiêng Liêng, nứt đất ở đoạn đường 254 khu vực xã Ngọc Phái (đới Nà Tùm -



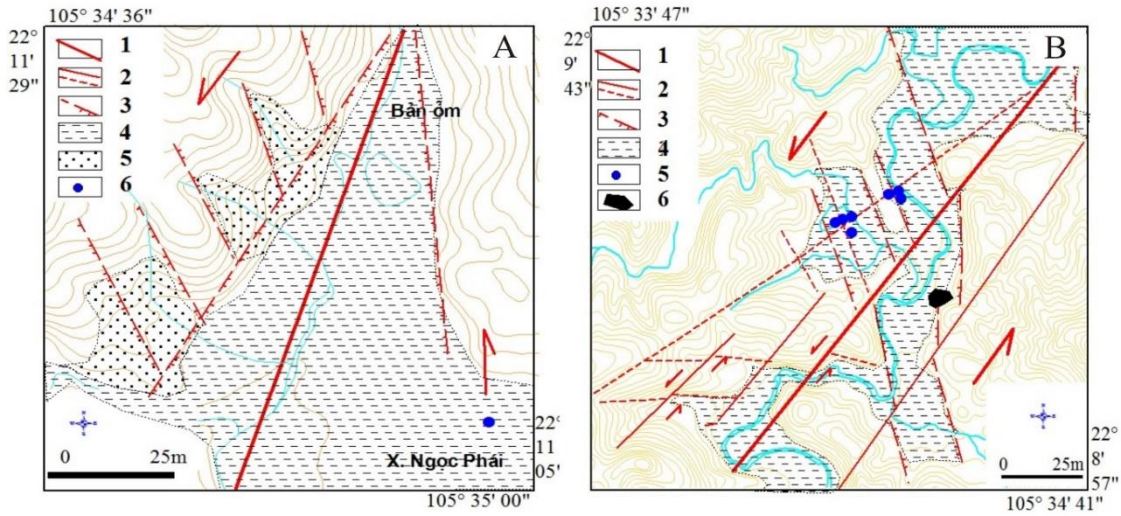
Hình 11. Đới đứt gãy BL5 (bản Cốc Thử - Điểm D6, xem Hình 8).

Ngọc Phái) và nứt đất ở đoạn đường 255 ở thôn Cốc Thử (đới Cốc Thử - Bản Ôm).

Các đứt gãy chính ở các trũng Bản Tàn: BL9, BL10 và thị trấn Bằng Lũng: BL11, BL12 thể hiện rõ trên địa hình; là những đứt gãy thuận không chế các trũng tích tụ Đệ tứ và đều có xác định được mặt trượt, vết xước trên các đá gốc. Ngoài ra còn xuất hiện các hố sụt đất và các hang karst phát triển dọc các đứt gãy chính (Hình 12, 13).



Hình 12. (A) Mặt của khe nứt chính trùng với đứt gãy BL-4 (Bản Tàn - Điểm D4); (B) Mặt trượt và hướng dịch chuyển của đứt gãy nhánh (Bản Tàn - Điểm D4); (C) Mặt của khe nứt chính trùng với đứt gãy BL-2 (Bản Tàn - Điểm D5); (D) Mặt trượt và hướng dịch chuyển của đứt gãy (Bản Tàn-Điểm D5).



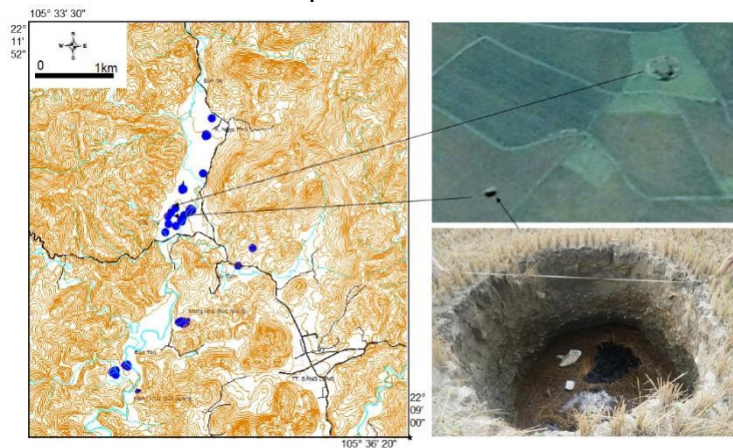
Hình 13. (A) Chuyển dịch trái thuận của các đứt gãy (Bản Ôm: 1. Đứt gãy chính; 2. Đứt gãy phụ; 3. Đứt gãy thuận; 4. Tích tụ aluvi - aQ; 5. Proluvi-pQ; 6. Hồ sụt); (B) Chuyển dịch trái thuận của các đứt gãy (Bản Tàn: 5. Hồ sụt; 6. Moong khai thác khoáng sản).

Hệ đứt gãy phương TB-ĐN, phân bố rải rác trong khu vực, thường có quy mô không lớn với chiều dài từ 500 m đến 1500 m và kết hợp với đứt gãy phương ĐB-TN tạo nên góc nhọn và khống chế các trung tích tụ Đệ tứ nhỏ cùng phương với đứt gãy, hoặc bị cắt bởi các đứt gãy phương ĐB-TN và á kinh tuyến.

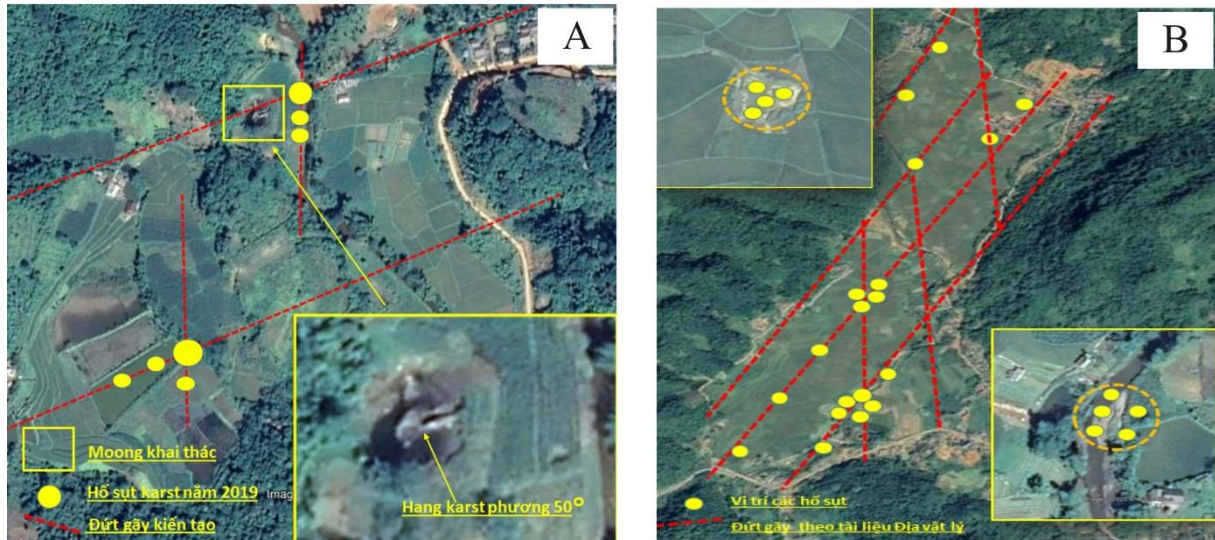
3.3. Đặc điểm phân bố sụt đất

Trên cơ sở điều tra thực tế, thu thập các thông tin từ người dân địa phương, đặc biệt là phân tích, giải đoán ảnh viễn thám trước và sau hiện

tượng sụt đã cho thấy rõ sự phân bố không gian của các hồ sụt là các hồ sụt xảy ra chủ yếu trên bề mặt địa hình cấu tạo bởi các vật liệu bở rời. Các hồ sụt phân bố theo hai phương: ĐB-TN và á kinh tuyến. Trong đó phương ĐB-TN thể hiện rõ và có mật độ và quy mô lớn hơn. Quy mô các hồ sụt tồn tại hai dạng: các hồ sụt đơn lẻ có đường kính từ 4-10 m và chum các hồ (3-5 hồ sụt) tạo nên các cụm lớn có đường kính từ 15-40 m (Hình 14, 15). Các Hình 13, 14 cho thấy các hồ sụt được tập trung thành các cụm lớn và có mối liên quan tới hệ thống đứt gãy.



Hình 14. Một trong những hồ sụt quan sát từ ảnh vệ tinh và trên thực địa tại khu vực Cốc Thử.



Hình 15. (A) Các hồ sụt trùng với hang karst và đứt gãy kiến tạo (trùng Bản Tàn). Khung hình nhỏ là hang Karst ở vị trí D4, Hình 8; (B) Các hồ sụt tập trung thành cụm lớn trùng với giao nhau của đứt gãy (trùng Cốc Thừ).



Hình 16. Hang karst phát triển theo khe nứt trong đá vôi Bản Tàn (vị trí D4, Hình 8; Hình 15A).

4. Thảo luận

Từ những kết quả phân tích, đánh giá về hoạt động kiến tạo trong khu vực có thể đưa ra một số nhận định sau:

4.1. Cấu trúc kiến tạo và mối liên quan với sụt đất khu vực Bằng Lũng

Khu vực Bằng Lũng và lân cận vào thời kỳ trước Kainozoi đã trải qua nhiều giai đoạn nâng hạ khác nhau để hình thành hàng loạt các thành

ạo đá từ Paleozoi giữa-Mezozoi (hệ tầng Phia Phương, Cốc Xô, Mí Lé, Hòn Gai và các phức hệ Phia Bioc và Phia Bioac trong giai đoạn tân kiến tạo hoạt động nâng mạnh mà bằng chứng là hầu hết các đá trước Kanozoi đều lộ ra trên bề mặt địa hình hiện tại, ngay cả các khối magma xâm nhập cũng trôi lộ do quá trình nâng, bóc mòn- xâm thực. Hiện nay, trên địa hình còn tồn tại 2 bậc địa hình chính: 500-700 m và 300-400 m, trong bậc 300-400 m còn xuất hiện hang karst khô nằm ở độ cao tương đối 20m phản ánh chuyển động nâng tương đối trong khu vực.

Bên cạnh chuyển động nâng, trong vùng cũng xuất hiện các trũng hạ lún tương đối: như trũng Cốc Thử, Bản Tàn, và thị trấn Bằng Lũng.

Trũng Cốc Thử là trũng có diện tích lớn nhất với chiều dài 1km, rộng 200-250 m. Trong trũng là các thành tạo trầm tích Đệ tứ bao gồm trầm tích aluvi sông Khau Cạn dày 2-4 m phủ trực tiếp nên lớp vỏ phong hóa cổ 4-5 m có thành phần là sét, sét pha, cát, sạn lẫn các mảnh dăm vụn đá gốc màu nâu, vàng và xám đen. Theo mặt cắt Địa vật lý và các tài liệu lỗ khoan do đề tài VT-UD.05/18-20 thực hiện, phần móng của trũng là đá vôi, sét vôi thuộc hệ tầng Cốc Xô, bề mặt của chúng không bằng phẳng mà tạo nên các gờ hoặc dải đá vôi, sét vôi kéo dài cùng phương với trũng, xen với các gờ này là các dải trũng trùng với các đới đập vỡ đất đá hoặc các hang động karst. Trong đó có hai đới đập vỡ lớn và rõ nét hơn cả là đới Cốc Thử- Bản Ôm và đới Bản Nà Tùm- Ngọc Phái đã được mô tả chi tiết ở trên. Phía trên là lớp phủ Đệ tứ, thường có hai phần: phần trên là các thành tạo trầm tích aluvi (cuội, sỏi cát pha) nguồn gốc sông, phần dưới là lớp vỏ phong hóa với thành phần là dăm, sạn xen lẫn cát pha, sét pha. Chiều dày chung thay đổi mạnh từ 5-60 m. Cũng theo tài liệu Địa vật lý đã xác định được các đứt gãy phương ĐB-TN và á kinh tuyến nằm dưới lớp phủ Đệ tứ. Hai bên trũng là các thành tạo địa chất cổ thuộc hệ tầng Cốc Xô (D1-D2cx), ở nhiều đoạn hai bên trũng là các sườn dốc đứng. Ranh giới giữa trầm tích Đệ tứ và đá cổ là các đứt gãy thuận không chế trũng tích tụ này. Như vậy, trũng được hình thành vào giai đoạn Đệ tứ theo cơ chế trượt thuận tách của các đứt gãy chính phương ĐB-TN và các đứt gãy nhánh cùng phương thuộc hệ đứt gãy lớn của đới đứt gãy Sông Đáy đã tạo nên.

Trũng Bản Tàn, nối tiếp với trũng Cốc Thử về phía tây nam và ngăn cách qua khối nhô đá gốc ở khu vực cuối thôn Cốc Thử. Trũng cũng bị không chế bởi hai đứt gãy phương ĐB-TN, trong trũng là các dải địa hình âm, đương đan xen nhau theo phương á kinh tuyến. Dải địa hình âm là các trũng tích tụ trầm Đệ tứ có chiều dày dao động từ 3-12 m có thành phần tương tự như trũng Cốc Thử. Còn dải địa hình dương trôi lộ đá gốc có độ cao tương đối khoảng 5-20 m. Như vậy trũng

Bản Tàn hoạt động mạnh, tính phân dị khá rõ so với trũng tích Cốc Thử.

Trũng thị trấn Bằng Lũng, có đặc trưng địa hình khác với hai trũng Cốc Thử và Bản Tàn, Trũng có phương á kinh tuyến chiều rộng khoảng 1 km, dài khoảng 3 km, đáy trũng không bằng phẳng và trôi lộ móng đá gốc (phiến sét, đá vôi), chỉ có phần phía nam được phủ bởi lớp trầm tích Đệ tứ mỏng từ 1-2 m. Hai bên trũng là các dải địa hình núi cao và phát triển nhiều vách đá vôi dốc đứng cao từ 10-50 m nối tiếp nhau theo phương á kinh tuyến. Ở đây, chủ yếu là đứt gãy phương á kinh tuyến hoạt động có tính chất trượt thuận, tách. Ngoài ra còn có một số đứt gãy phương ĐB-TN cắt qua làm gián đoạn trũng nói trên. Như vậy trũng thị trấn Bằng Lũng hoạt động mang tính chất tách sụt với biên độ sụt lún tương đối nhỏ so với hai trũng Cốc Thử và Bản Tàn. Việc hình thành các trũng góp phần làm cho các hang động karst được hình thành trước xuống dưới sâu và quá trình tích tụ các lớp trầm tích bờ rời phủ lên trên. Đồng thời các trũng này cũng là nơi tập trung nước ngầm nhiều hơn tạo điều kiện cho quá trình karst hóa tăng lên.

4.2. Phân bố karst và sụt đất

Trong hệ tầng Cốc Xô có thành phần đá vôi, xen kẹp các lớp hoặc thấu kính đá sét vôi phân lớp vừa chứa bitum và graphit. Đây cũng là tầng chứa quặng chì - kẽm, tầng chứa này thường xốp, gắn kết yếu tạo điều kiện thuận lợi cho dòng chảy ngầm xâm nhập, thuận lợi cho hoạt động karst hóa. Yếu tố vừa nêu kết hợp với hệ thống các đới đập vỡ kiến tạo cùng phương với thân quặng (ĐB-TN) hình thành các hang karst hẹp với chiều rộng từ 1-3 m kéo dài theo mặt lớp. Điều này có thể quan sát thấy rất rõ ở khu vực moong khai thác ở Bản Tàn (Hình 15A, 16) và các hang karst lộ thiên ở khu vực thị trấn Bằng Lũng và khu vực Bản Ôm. Ngoài ra các đứt gãy phương á kinh tuyến cắt qua các thấu kính thân quặng đồng thời cũng cắt qua các hang karst tạo sự kết nối các hang này với nhau. Tại những nơi giao nhau của các đứt gãy phương ĐB-TN và á kinh tuyến, hang thường mở rộng và sâu. Bằng chứng là có sự xuất hiện từng cụm các hố sụt liên nhau gồm từ 3 đến 4 hố tạo nên hố sụt lớn rộng tới

20-30 m ở trũng Cốc Thử (Hình 15B). Sự phân bố và phát triển của các hang karst sẽ là cơ sở dự đoán khả năng sụt đất tiếp theo trong vùng nghiên cứu.

Như vậy sự hình thành cũng như phân bố của các hang đã tuân theo quy luật chung: trùng với phương của lớp đá vôi, sét vôi xen kẽ với đá phiến, phiến silic, đồng thời cũng trùng với phương của đứt gãy lớn ĐB-TN. Trong đó phổ biến và rõ hơn cả là ở trũng Cốc thử hang karst phân bố tập trung thành hai dải: Cốc Thử - Bản Ôm và Bản Nà Tùm-Ngọc Phái. Còn trũng Bản Tàn tập trung thành hai cụm nối nhau thành một dải lớn phương ĐB-TN.

4.3. Nguyên nhân và cơ chế sụt đất khu vực Bằng Lũng

Từ kết quả phân tích hiện trạng sụt, mặt cắt địa chất, mặt cắt địa vật lý qua vị trí sụt, các kết quả khảo sát sự phân bố các hang động karst, cho thấy: tại các trũng Cốc Thử, Bản Tàn, thị trấn Bằng Lũng đều có các hang động karst, chúng phát triển theo hai phương chính ĐB-TN và á kinh tuyến. Ngoài ra, các hố sụt đều xảy ra trên bề mặt địa hình tích tụ các trầm tích bờ rời với chiều dày mỏng (từ 5-25 m), các thành tạo này phần lớn là các vật liệu hạt thô gồm cát, cuội, sỏi và dăm sạn nên có độ gắn kết yếu (Hình 3). Đây là một trong những nhân tố chính tạo điều kiện xảy ra sụt đất.

Tác động của nước dưới đất đến sụt đất cũng đóng vai trò quan trọng ở khu vực này. Kết quả khảo sát, theo dõi động thái nước dưới đất ở các hố sụt, các móng khai thác và nước mặt ở trũng Bằng Lũng cho thấy nước dưới đất phân bố trong đới dập vỡ và trong hang karst ngầm và có mối liên quan chặt chẽ với nước mặt: Tại các hố sụt, và các móng khai thác vào mùa mưa mực nước ngầm dâng lên cao và ngang bằng với mực nước của các dòng chảy của sông (sông Khau Cạn). Còn vào mùa khô mực nước ngầm hạ thấp. Từ kết quả theo dõi diễn biến của dòng chảy ngầm trên các móng khai thác, hố sụt cũng như dòng chảy mặt cho thấy dòng ngầm có xu thế chảy theo hướng từ đông bắc xuống tây nam trùng với dòng chảy mặt. Theo tài liệu quan trắc động thái nước dưới đất của đề tài VT.UD.05/18-20, năm

2019 ngay trong cuối mùa mưa có sự biến động nước ngầm khá lớn: tại LK Ngọc Phái biên độ mực nước ngầm lên tới 9 m. Còn tại Bản Tàn (LK Khuổi Ngoài) biên độ là 16 m. Các dòng chảy ngầm này thường lôi kéo theo các vật liệu mịn bờ rời, đây cũng là nhân tố quan trọng dẫn đến sụt đất.

Nhân tố tác động của con người đã thúc đẩy quá trình sụt diễn ra nhanh và mạnh hơn thông qua việc đào và khoan giếng khai thác nước ngầm phục vụ cho tưới tiêu trong các cụm dân cư và các khu vườn cây, tháo khô mỏ do khai thác khoáng sản khiến gia tăng vận tốc dòng chảy ngầm tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình xói ngầm. Ở trên bề mặt việc đào ao nuôi cá làm giảm độ dày của lớp vật liệu bờ rời ở phía trên, trồng lúa nước càng làm cho đất bị bão hòa nước và tăng trọng lượng của tầng phủ, tăng mức độ thấm thấu và dòng chảy thấm theo chiều thẳng đứng.

Như vậy quá trình sụt đất xuất hiện khi có sự lưu thông mạnh của dòng ngầm dọc theo các hang (vào mùa mưa hoặc do khai thác nước ngầm mạnh thì vận tốc dòng chảy ngầm càng mạnh), quá trình xói ngầm rửa trôi các vật liệu hạt mịn trong tầng đất bờ rời ở ngay phía trên nóc hang vào hang karst ngầm thông qua hệ thống khe nứt, dập vỡ. Quá trình này dẫn tới sự gắn kết của các lớp đất yếu dần và phát sinh không gian ngầm trong lớp phủ ngay trên nóc hang. Mặt khác, ở phía trên bề mặt đất lại có nước mặt thường xuyên vào mùa mưa do trồng lúa, hoặc đào ao nuôi cá làm cho tầng đất phía trên bão hòa nước, tăng tải trọng, gắn kết kém. Đồng thời dòng chảy thấm thấu thẳng đứng từ trên mặt xuống tầng nước ngầm cũng tăng lên, tạo ra áp lực thủy động vận chuyển các hạt vật liệu mịn theo chiều thẳng đứng. Kết quả dẫn tới sự rửa trôi hạt mịn của các lớp đất phía trên xuống phía dưới không gian ngầm dẫn đến tăng độ rỗng và giảm độ bền của tầng đất phía trên. Khi thể bền vững của lớp đất phía trên không gian ngầm không còn nữa, quá trình sụt đất sẽ xảy ra.

5. Kết luận

Trũng Cốc Thử, Bản Tàn và Bằng Lũng được tạo nên bởi quá trình sụt lún và bị khổng

chế bởi các đứt gãy phương ĐB-TN và mang tính chất trượt thuận trong giai đoạn Đệ tứ.

Hoạt động của các đứt gãy đã hình thành các đới dập vỡ kiến tạo làm tiền đề cho sự phát triển các hang động karst ngầm cũng như sự lưu thông nước dưới đất và nước mặt. Các hang động karst được phân bố thành từng dải theo phương chính ĐB-TN trùng với mặt lớp của các tập đá vôi và hệ các đứt gãy ĐB-TN.

Các nhân tố hang động karst, dòng chảy ngầm, vật liệu bờ rời và tác động của con người (khai thác nước ngầm) là những nhân tố chính, quan trọng quyết định đến hiện tượng sụt đất ở đây.

Hoạt động sụt đất vẫn đang xảy ra tại những nơi có chiều dày lớp phủ Đệ tứ < 25 m: Trũng Cốc Thử gồm hai dải có tiềm ẩn nguy cơ sụt (dải Cốc Thử- Bản Ôm trong khoảng tọa độ từ 22°10'19"- 22°11'22" vĩ độ bắc đến 105°34'34"- 105°34'54" kinh độ đông) và Bản Nà Tùm-Trung tâm xã Ngọc Phái- từ 22°10'18"- 22°11'09"N" vĩ độ bắc đến 105°34'41"- 105°34'59" kinh độ đông). Trũng Bản Tàn có một dải lớn phương ĐB-TN nhưng tách ra hai cụm có tọa độ tâm là 22° 9'23"N-105°34'16"E và cụm có tâm là 22° 9'30"N - 105°34'20"E.

Nơi giao nhau của hai đới đứt gãy phương ĐB-TN và á kinh tuyến (cũng là vị trí hang karst mở rộng) thường nguy cơ sụt đất cao hơn và quy mô lớn hơn.

Lời cảm ơn

Bài báo hoàn thành là một phần kết quả nghiên cứu từ đề tài "Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp cảnh báo sớm tai biến sụt đất, trượt lở, lũ quét, lũ bùn đá miền Bắc Việt

Nam bằng công nghệ viễn thám và dữ liệu về cấu trúc địa chất" mã số VT-UD.05/18-20 thuộc Chương trình KHCN Vũ trụ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1] D. M. Duc, D. Q. Khang, N.V. Binh, P. T. Sinh, P. H. Duc, N. N. Truc, Mechanism of Sinkhole Formation in Underground Limestone Karstic Areas (A Case Study of Na Tum Area, Bac Kan Province), Journal of Mining and Earth Science, Vol 38, No 4, 2012, pp.16-24 (in Vietnamese).
- [2] D. V. Doanh, Geology and Minerals Map of Phia Khao, Scale 1:50.000, General Department of Geology and Minerals of Viet Nam, Ha Noi, 1982 (in Vietnamese).
- [3] N. K. Quoc, Geology and Minerals Map of Bac Kan, Scale 1:200.000, General Department of Geology and Minerals of Viet Nam, Ha Noi, 1994 (in Vietnamese).
- [4] N. T. Yem, Kainozoi Tectonic Stress in Viet Nam, Vietnam Journal of Earth Sciences, No 3, 1996, pp. 193-197 (in Vietnamese).
- [5] N. V. Dung, D. M. Tinh, D. M. Toan, The Impact of Zinc- Lead Mining in Bang Lung- Cho Don, Bac Kan on Geological Environment and Remedial Measures, 5th Conference VietGeo, Science and Technics Publishing House, 2019, pp.120-125 (in Vietnamese).
- [6] T. V. Tri, Geology of Northern Part of Viet Nam, Science and Technics Publishing House, Ha Noi, 1977 (in Vietnamese).
- [7] T. V. Tri, V. Khuc, Geology and Natural Resources of Viet Nam, Science and Technics Publishing House, Ha Noi, 2009, pp. 589 (in Vietnamese).
- [8] V. V. Chinh, PhD Dissertation: Neotectonic Faults Features in NE of Viet Nam, Institute of Geological Sciences (IGS) VAST, Ha Noi, 2002 (in Vietnamese).